第39卷 第1期
2022年1月
干 旱 区 研 究
ARID ZONE RESEARCH
Vol. 39 No. 1
Jan. 2022

新疆草地生态系统健康评价体系构建

陈春波[1,2]， 彭 建[2,3]， 李刚勇[2,3]

（1. 中国科学院新疆生态与地理研究所，荒漠与绿洲生态国家重点实验室，新疆 乌鲁木齐 830011；2. 干旱区草地生态系统遥感监测实验室，新疆 乌鲁木齐 830049；3. 新疆维吾尔自治区草原总站，新疆 乌鲁木齐 830049）

摘 要：草地是重要的陆地生态系统类型，草地生态系统健康评价是干旱区草地健康研究的重要组成部分。新疆位于中亚干旱区，典型的“山盆”地形结构孕育的天然草地具有鲜明的垂直地带性，又因水热组合差异形成了丰富多样的草地类型，这使得新疆草地生态系统健康评价成为一项系统的复杂工作，急需构建适用于新疆的草地生态系统健康评价体系。本研究以新疆草地生态系统为研究对象，构建新疆草地生态系统健康评价总体框架，从数据来源与评价方法阐述了新疆草地生态系统健康评价体系。基于草地样方、生物气象与多源遥感数据建立草地生态系统基础数据库，针对草地健康评价方法，明确评价目标，确定评价区域与参照系统，进而筛选评价指标，最后通过选择评价方法开展草地健康评价，采用四分法将评价结果划分为健康、亚健康、警戒与崩溃。采用该体系在新疆和田地区民丰县开展草地生态系统健康评价，结果显示围栏内的温性荒漠类草地处于健康状态，围栏外的温性荒漠类草地为亚健康状态。通过构建新疆草地生态系统健康评价体系，能够为基层草原部门开展草地生态健康评价提供参考，促进草地可持续发展。

关键词：草地；草地生态系统；健康评价；遥感；地理信息系统；新疆

草地作为重要的生态系统类型，具有多种生态、经济功能，在生物多样性保护、碳汇功能维持等方面发挥着重要作用[1]。健康的草地生态系统具有活力，能够维持其组织并且保持自身运作能力，对外界压力具有弹性[2]；草地生态系统健康与人类的可持续发展紧密相关，为人类的生存、发展提供持续、良好的生态系统服务功能[3]。因此，草地健康是自然生态系统健康的重要组成部分，也影响着人类社会的健康与安全[4]，草地健康即草地生态系统的可持续性。在我国西北干旱区，草地生态系统健康评价在草地退化的监测中尤为重要。

草地健康评价研究大致可分为4个阶段，即萌芽期、拓荒期、成熟期与实践期[5]；草地健康评价方法经历了单因子罗列法、单因子复合法、功能评价法与界面过程评价[6]。近年来，随着空天观测等技术手段的引入，草地健康评价逐渐由样地尺度扩展到区域尺度；在大数据的基础上，草地健康评价指标由单一指标向多指标发展，提高了草地健康评价的精度与时空尺度。当前，国内关于草地健康评价的研究已有一些成果，但研究区域主要集中在内蒙古自治区、宁夏回族自治区、甘肃以及青藏高原。新疆是我国5大牧区之一，草地面积5.73×10^7 hm^{-2}，包括11个大类，25个亚类，131个草地组，687个草地型[7]。草地不仅是新疆生态系统的主体与重要的生态屏障，也是牧区农牧民赖以生存的基本生产资料和许多珍稀动植物特定的生活区域[8]。尽管刘思怡等[9]、陆均等[10]和杜梦洁等[11]分别在艾比湖流域、巴音布鲁克和新疆昌吉回族自治州开展了草地健康评价，然而面向草原行业部门针对全疆范围草地健康评价的研究较少，特别是草地生态系统健康评价体系。

近年来，由于气候变化与不合理的开垦、利用，

收稿日期：2021-04-11； **修订日期：**2021-06-09
基金项目：2020年自治区创新环境（人才、基地）建设专项（天山青年计划）（2020Q084）；2020年自治区创新环境（人才、基地）建设专项——自然科学计划（自然科学基金）青年科学基金项目（2020D01B57）；中国科学院西部青年学者B类（2018-XBQNXZ-B-011）；2020年第一批中央财政林业草原生态保护恢复资金（草原生态修复治理补助）项目（XJCYZZ202001）；新疆维吾尔自治区草原总站草原生态修复治理补助监测及科技支撑项目（XJCYZZ202001）
作者简介：陈春波（1985-），男，助理研究员，主要从事草地生态遥感. E-mail: ccb_8586@ms.xjb.ac.cn
通迅作者：李刚勇. E-mail: ligangyong1013@hotmail.com

新疆草地出现不同程度的退化[12]。及时、准确地预测出草地健康状况，既是草地生态系统健康评价的重要内容，也是探究草地生态系统结构、功能所维持人类赖以生存的自然环境状况。为此，本研究拟构建新疆草地生态系统健康评价体系，包括多源数据来源、方法步骤、总体框架与发展趋势。针对新疆草地生态系统健康评价，应获取草地生物气象、水热通量、地面样方采样与多源遥感影像，生成草地基础生态地理数据库，筛选多层次多因子草地健康评价指标，综合选择草地健康评价方法，客观评估新疆草地生态系统健康状况。在新疆开展草地生态系统健康评价，客观诊断草地健康状况，促进草地的可持续利用。

1 数据来源

开展草地生态系统健康评价，首先应获得可靠的生态地理数据。在评价区域内，基础数据与信息资源的类型、数量与丰富度可以提升草地生态系统健康评价的质量与精度。采用统一的方法整理与收集不同来源、不同类型、不同尺度、不同格式的生物气象、水热通量、地面样方采样与多源遥感影像数据，形成评价区域的草地基础生态与地理数据库。

1.1 生物气象与水热通量数据集

生物气象与水热通量数据，主要包括：气温、降水、辐射、蒸散发、风速、风向、水文、地形与土壤数据；对收集的数据进行处理，形成草地生物气象与水热通量时空数据集；将生物气象与水热通量数据进行栅格化，分别处理为草地健康评价模型的输入格式，为模型运算与验证提供数据基础。

1.2 野外站点观测与样方调查数据集

评价区域内收集、整理草地生态监测资料，统计已有的草地群落指标；整理草地样方植被盖度与植株高度；调查草地样方主要植物种与生物量的变化，草地样方总产草量鲜质量、总产草量风干重、可食鲜草产量与可食干草产量；调查草地样方土壤样品，分析土壤水分和养分；调查草地毒害草类型、种群分布与演替。

1.3 多源遥感数据集

草地遥感常用的数据源包括NOAA-AVHRR、MODIS、Landsat与Sentinel，依据评价目标获取评价区域的高分遥感影像，或者采用低空无人机（巡航高度低于500 m）采集影像。NOAA-AVHRR遥感影像，主要为NDVI归一化植被指数产品，时间分辨率日尺度，空间分辨率0.05°；Landsat遥感影像包括Landsat MSS 1/2/3（MSS）、Landsat 4&5（MSS/TM）、Landsat 7（ETM+）与Landsat 8（OLI/TIRS）（表1）；MODIS/Terra遥感影像包括MODIS标准陆地产品（表2）。

2 评价方法

2.1 明确评价目标

草地生态系统健康评价需考虑生态系统、群落、种群与个体4个层次，以全面反映草地生态方面的性状（生态系统生命部分），辅之光照、温度、水文与土壤等物理化学方面的性质（生态系统非生命部分），最大程度做出全面、真实、客观的评价[13]。然而，在特定的时空范围内，草地生态系统健康评价具有挑战性，包括评价指标的筛选与定量、时空尺度限制、数据精度与有效性等。不同的评价目标具有各自的侧重点，有针对性的筛选评价指标。因此，在开展健康评价之前，明确草地生态系统健康评价的具体目标，或者偏重草地生态系统的生物成

表1 Landsat遥感影像元数据

Tab. 1 The metadata of Landsat serial images

卫星平台	卫星编号	传感器	空间分辨率/m			数据有效时段
			多光谱波段	热红外波段	全色波段	
Landsat	1	MSS	78	–	–	1972-07—1978-01
	2					1975-01—1983-07
	3					1978-03—1983-09
	4	MSS	78	–	–	1982-07—1993-12
	5	TM	30	120	60	1984-03—2013-01
	7	ETM+	30	60	15	1999-04—至今
	8	OLI/TIRS	30	100	15	2013-02—至今

表2 MODIS标准陆地产品

Tab. 2 The standard land product of MODIS

MODIS	产品分类	产品名称	产品编号	空间分辨率	时间分辨率
陆地标准产品	MOD09	地表反射率	MOD09A1	500 m	8 d
			MOD09Q1	250 m	
			MOD09GA	1000 m、500 m	1 d
			MOD09GQ	250 m	
			MOD09CMG	5000 m	
	MOD11	地表发射率	MOD11A1	1000 m	1 d
			MOD11A2	1000 m	8 d
			MOD11B1	6000 m	1 d
			MOD11_L2	1000 m	
	MOD12	土地覆被	MOD12Q1	500 m	年
			MOD12C1	0.05°	
			MOD12Q2	1000 m	
	MOD13	植被指数	MOD13Q1	250 m	16 d
			MOD13A1	500 m	
			MOD13A2	1000 m	
			MOD13C1	0.05°	
			MOD13A3	1000 m	月
			MOD13C2	0.05°	
	MOD15	叶面积指数	MOD15A2GFS	1000 m	8 d
			MOD15A2PHN	1000 m	年
	MOD16	蒸散发	MOD16A2	500 m	8 d
			MOD16A3	500 m	年
	MOD17	初级生产力	MOD17A2	1000 m	8 d
			MOD17A3	1000 m	年
	MOD44	植被变化	MOD44B	250 m	年

分、非生物成分、生态系统功能(生态系统服务),能够促进备选的评价指标具备可操作性。

2.2 确定评价区域与参照系统

2.2.1 确定草地健康评价区域 确定评价区域是草地健康评价的首要步骤。根据草地健康评价目标,综合考虑草地植物特征、地表环境等划定草地评价区域[14]。一个完整的草地生态系统评价区域通常具有一致的地形、地貌、水热组合与景观类型特征,而且在植被特征与管理特征具有相似性、一致性;其基本单元可以基于行政区划,也可依据土壤、地形,或者参照草地分类系统,也可以基于草地区划及分区,还可以根据评价目标,综合以上标准或分类组合确定评价区域。新疆草地健康评价区域的确定方法如下:

(1) 采用行政区划确定草地健康评价区域

新疆辖4个地级市(乌鲁木齐市、克拉玛依市、吐鲁番市与哈密市),5个自治州(昌吉回族自治州、伊犁哈萨克自治州、博尔塔拉蒙古自治州、巴音郭楞蒙古自治州与克孜勒苏柯尔克孜自治州),3个地区(阿克苏地区、喀什地区与和田地区),以及8个自治区直辖县级市(石河子市、阿拉尔市、图木舒克市、五家渠市、北屯市、铁门关市、双河市与昆玉市),共计105个县级单位①(表3)。

(2) 基于草地类型确定草地健康评价区域

新疆草地类型划分为11个大类,25个亚类,131个草地组以及687个草地型(表4),其中大类包括:高寒草甸类、高寒草原类、高寒荒漠类、山地草甸类、温性草甸草原类、温性草原类、温性荒漠草原类、温性草原化荒漠类、温性荒漠类、低平地草甸类与沼泽类[7]。大类主要考虑以水热组合为中心的气

① 新疆维吾尔自治区人民政府网行政区划. http://www.xinjiang.gov.cn/xinjiang/xzqh/201912/e1fb164b4930437eb4a75852aceecc9d.shtml.

表3 新疆行政区划

Tab. 3 Administrative divisions of Xinjiang

地、州、市名称	市、县(市辖区)名称
乌鲁木齐市	天山区、沙依巴克区、高新区(新市区)、水磨沟区、经济技术开发区(头屯河区)、达坂城区、米东区、乌鲁木齐县
克拉玛依市	克拉玛依区、独山子区、白碱滩区、乌尔禾区
吐鲁番市	高昌区、鄯善县、托克逊县
哈密市	伊州区、巴里坤哈萨克自治县、伊吾县
昌吉回族自治州	昌吉市、阜康市、呼图壁县、玛纳斯县、奇台县、吉木萨尔县、木垒哈萨克自治县
伊犁哈萨克自治州	伊犁州直属县(市)：伊宁市、奎屯市、伊宁县、察布查尔锡伯自治县、霍城县、巩留县、新源县、昭苏县、特克斯县、尼勒克县、霍尔果斯市
	塔城地区：塔城市、乌苏市、额敏县、沙湾县、托里县、裕民县、和布克赛尔蒙古自治县
	阿勒泰地区：阿勒泰市、布尔津县、富蕴县、福海县、哈巴河县、青河县、吉木乃县
博尔塔拉蒙古自治州	博乐市、精河县、温泉县、阿拉山口市
巴音郭楞蒙古自治州	库尔勒市、轮台县、尉犁县、若羌县、且末县、焉耆回族自治县、和静县、和硕县、博湖县
阿克苏地区	阿克苏市、温宿县、库车县、沙雅县、新和县、拜城县、乌什县、阿瓦提县、柯坪县
克孜勒苏柯尔克孜自治州	阿图什市、阿克陶县、阿合奇县、乌恰县
喀什地区	喀什市、疏附县、疏勒县、英吉沙县、泽普县、莎车县、叶城县、麦盖提县、岳普湖县、伽师县、巴楚县、塔什库尔干塔吉克自治县
和田地区	和田市、和田县、墨玉县、皮山县、洛浦县、策勒县、于田县、民丰县
自治区直辖县级市	石河子市、阿拉尔市、图木舒克市、五家渠市、北屯市、铁门关市、双河市、昆玉市

表4 新疆草地类型分类

Tab. 4 Grassland classification in Xinjiang

类	亚类	组	型	优势种植物识别
温性草甸草原类	山地温性草甸草原亚类	7	31	早熟禾、紫花鸢尾、草原苔草、万年蒿、草原糙苏、新疆亚菊、杂类草等
温性草原类	山地温性草原亚类	7	57	羊茅、冷蒿、冰草、杂类草等
温性荒漠草原类	平原、丘陵温性荒漠草原亚类	5	8	糙隐子草、多根葱、针茅等
	山地温性荒漠草原亚类	7	72	沙生针茅、高山绢蒿、灌木亚菊、合头草、驼绒藜、锦鸡儿、阿拉善鹅观草、猪毛菜等
高寒草原类	高寒草原亚类	6	34	紫花针茅、寒生羊茅、新疆银穗草、帕米尔委陵菜、多叶棘豆等
	高寒荒漠草原亚类	2	8	短花针茅、高山绢蒿、寒生羊茅、垫状驼绒藜等
温性草原化荒漠类	沙砾质温性草原化荒漠亚类	6	35	绢蒿、驼绒藜、小针茅、琵琶柴、小蓬等
	土质温性草原化荒漠亚类	2	5	高山绢蒿、猪毛菜、沙生针茅、小禾草类等
	砾石质温性草原化荒漠亚类	4	9	戈壁针茅、喀什菊、灌木亚菊、紫宛木等
温性荒漠类	沙质温性荒漠亚类	9	35	沙蒿、驼绒藜、羽状三芒草等
	砾沙质温性荒漠亚类	7	58	白茎绢蒿、驼绒藜、小蓬、东方猪毛菜、琵琶柴等
	砾石质温性荒漠亚类	7	42	新疆绢蒿、合头草、琵琶柴、圆叶盐爪爪、锦鸡儿等
	土质温性荒漠亚类	10	39	高山绢蒿、合头草、驼绒藜、猪毛菜、琵琶柴等
	盐土温性荒漠亚类	4	12	盐节木、盐爪爪、盐穗木等
高寒荒漠类	高原高寒荒漠亚类	3	4	高山绢蒿、驼绒藜等
	高原高寒草原化荒漠亚类	1	2	垫状驼绒藜、藏亚菊等
低平地草甸类	水泛地草甸亚类	5	17	芦苇、拂子茅、布顿大麦等
	低地盐生草甸亚类	14	71	芦苇、小獐茅、花花柴、盐爪爪、马蔺、甘草、骆驼刺、胡杨等
	低地沼泽化草甸亚类	2	5	芦苇、华扁穗草等
山地草甸类	山地草甸亚类	7	68	无芒雀麦、鸭茅、草地早熟禾、看麦娘、糙苏、紫花鸢尾、杂类草等
	亚高山草甸类	5	14	三界羊茅、天山羽衣草、珠芽蓼、杂类草等
高寒草甸类	高山高寒草甸亚类	5	43	高山早熟禾、线叶嵩草、细果苔草、珠芽蓼等
	低地高寒沼泽化草甸亚类	3	10	短柱苔草、芦苇、赖草、苔草等
沼泽类	低位沼泽亚类	2	7	芦苇、香蒲、镳草、牛毛毡等
	高位沼泽亚类	1	1	柄囊苔草等

候与植被特征;亚类(类的补充)侧重地形、土壤基质与植被分异;草地组以建群层片的草地植物的经济类群划分;划分草地型以优势种相同、生境条件相似与利用方式一致。

(3) 采用草地区划及分区确定草地健康评价区域

依据草地所处气候及其草地类型,新疆草地区划包括北疆温性荒漠-山地草地区与南疆暖温荒漠-山地草地区[7](表5)。草地区划充分考虑草地所处的综合自然地理环境,是在草地类型与生产经营方式基础上划分的自然经济地理区域。

(4) 依据草地健康评价目标,综合考虑水热组合、土壤基质、植被分异、建群种、优势种、放牧制度与经营方式等,划定草地健康评价区域及其子区域。

2.2.2 确定草地健康评价的参照区域(系统) 确定参照区域(系统)是草地健康评价的另一个重要因素,通常已知健康水平的草地生态系统都可作为参照系统,该系统与当地环境尤其气候保持协调与平衡所达到的稳定状态[15]。与当地气候保持协调与平衡的草地生态系统,选取符合生态系统健康的全部或部分重要标准[16],包括活力(自然地境下的最大生产力)、恢复力(稳定与持续的恢复力)、组织结构(生态系统结构稳定性)、生态服务(持续的生态服务功能)、生态屏障(维护相邻的生态系统健康)等。综上所述,参照系统可以采用临近区域内未受破坏或破坏程度很轻的草地生态系统[4]。

2.3 筛选评价指标

草地生态系统分为地上与地下两个相对独立部分,地上、地下通过强烈的互作性调控草地生态系统能量传输、物质循环与信息传递。草地生态系统健康具有自然、社会双重属性,在健康评价中应坚持科学选取指标的原则,即充分考虑草地生态系统物理、化学指标,而且在尺度上注重对个体、种群、群落以及生态系统"健康"状态的生态评价及其服务功能评价[17-19]。本研究根据分类指标的学科属性整合各因子指标,将其分为3大类,包括生物特征指标、生物物理指标与生态功能指标(表6);该指标体系参照国标《草原健康状况评价》(GB/T 21439-2008),参考草地生态系统健康评价方法关于指标的选取(表7),借鉴了国标《森林生态系统服务功能评估规范》(GB/T 38582-2020)。生物特征指标为草地生态系统的生物特征,包括群落、种群与个体三个层次;生物物理指标为草地生态系统的大气、水与土壤等环境特征以及人类活动的影响;生态功能(或生态服务功能)指标为生产、调节、支撑与文化功能特征。

2.4 选择评价方法

生态系统健康评价经历了4个阶段,即单因子罗列法、单因子复合法、功能评价法与界面过程评价[6]。国内草地生态系统健康评价包括:VOR评价体系模型、COVR指数评价体系模型、PSR评价模型、层析分析法、指数评价法、主成分分析法、模糊综合评价法、聚类分析法与属性综合评价法[14](表

表5 新疆草地区划及其分区

Tab. 5 The division and subdivision of grassland in Xinjiang

区划分区	亚区	分区
北疆温性荒漠-山地草地区	阿尔泰山-准格尔盆地北部草地畜牧业亚区	吉木乃分区、哈巴河-富蕴分区、青河-北塔山分区
	准噶尔西部山地草地畜牧业亚区	塔城分区
	天山北坡西端山地与谷地草地畜牧业亚区	昭苏-尼勒克分区、伊宁-霍城分区、博乐分区
	天山北坡中段山地-准噶尔盆地南缘草地畜牧业亚区	昭苏-乌鲁木齐分区、米泉-木垒分区
	天山北坡东段山间盆地草地畜牧业亚区	巴里坤-伊吾分区
	准噶尔盆地南部绿洲草地-农区养畜亚区	奎屯-石河子分区
南疆暖温荒漠-山地草地区	天山南坡东段-山间盆地草地畜牧业亚区	哈密分区、吐-鄯-托分区
	天山南坡中段高山盆地草地畜牧业亚区	巴音布鲁克分区
	天山南坡中段山间盆地草地-农田畜牧业亚区	巴仑台-焉耆分区
	天山南坡山地草地-农田畜牧业亚区	轮台-温宿分区、乌什-乌恰分区
	塔里木盆地绿洲边缘草地-农田养畜亚区	库尔勒-尉犁分区、沙雅-柯坪分区、巴楚-泽普分区
	帕米尔高原草地畜牧业亚区	塔什库尔干-阿克陶分区
	昆仑山、阿尔金山-塔里木南缘草地畜牧业亚区	叶城皮山分区、墨玉-于田分区、民丰分区、且末-若羌分区

表6　新疆草地生态系统健康评价指标体系

Tab. 6　The index of grassland ecosystem health evaluation in Xinjiang

准则层	次准则层	因子层
生物特征指标	群落状况	地上生物量、地下生物量、产草量(牲畜可食用部分)、优良牧草、杂草比列、植被覆盖度、凋落物量、多样性(或丰富度)
	种群状况	优势种、稀有种、关键种、建群种与侵入种的数量、密度(绝对密度或相对密度)、空间格局(均匀性、随机型与成群型)与年龄结构
	个体状况	植被高度、植物适口性、营养价值与干物质积累
生物物理指标	水文状况	水流痕迹、细沟、切沟与凋落物移动
	土壤状况	土壤有机质、土壤容重(即土壤紧实度)、土壤温度、土壤水分、土壤全氮、草皮层厚度、裸地比重与风蚀情况
	气候状况	辐射、光照、气温(年均温、月均温)、降水与风向、风速
	干扰状况	鼠洞密度、虫口密度、放牧强度、毒草密度、杂草蔓延密度与火灾
生态功能(生态服务功能)	生产功能	牧草生产、养分循环与贮存
	调节功能	固碳释氧、土壤碳储、气候调节、水源涵养、土壤形成、养分循环、侵蚀控制(土壤保持量)、废物处理(降解)、滞留沙尘与维持生物多样性
	支持功能	物种栖息地(提供生境)、维持遗传多样性
	文化功能	游憩娱乐、美学、文化传承与休闲旅游

表7　国内草地健康评价方法

Tab. 7　The application and method of grassland health evaluation in mainland China

评价方法(模型)	评价区域	数据获取
VOR评价体系模型	内蒙古阿拉善左旗[16]、锡林郭勒盟南部太仆寺旗[4]、锡林郭勒高原和呼伦贝尔高原典型草原区[20],宁夏盐池县[21],青海玛沁县[22]	样地采样
COVR指数评价体系模型	新疆巴音布鲁克草原[10],宁夏盐池县[21,23],内蒙古锡林郭勒盟南部太仆寺旗[4],内蒙古锡林郭勒盟[24],甘肃省肃南裕固族自治县[25]	样地采样
PSR评价模型	甘肃甘南藏族自治州[26],新疆艾比湖流域[9],内蒙古察哈尔右中旗[27],内蒙古锡林郭勒盟[28],四川若尔盖县[29]	MOD13Q1与MOD12Q1产品,Landsat影像数据,SPOT影像,低空无人机数据,气候数据
层次分析法	青海省河南蒙古族自治县[30],甘肃甘南藏族自治州[31]	统计年鉴、样地采样
主成分分析法	新疆昭苏[32]	样地采样
模糊综合评价法	宁夏云雾山草原自然保护区[33-34]	样地野外调查
聚类分析法	青海省玉树县[35],青海省[36],内蒙古呼伦贝尔[37]	样地采样

7)。本研究借鉴功能评价法与界面过程评价法,结合多源遥感数据扩展时空尺度,整合草地生态系统健康评价因子(表6);为规避单一方法的局限,本研究推荐层次分析法、VOR综合指数模型、COVR指数评价模型与PSR评价模型;采用四分法将评价结果划分为4个等级(健康、亚健康、警戒与崩溃)[19],代表草地生态健康状况。

2.4.1　*层次分析法*　层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是一种定性与定量结合、系统化与层次化多目标决策方法。依据指标元素性质及决策要达成的总目标,将指标分解为不同组成因素;针对因素关联与隶属等关系,将各因素按照不同层次划分成组合(即“元素层次化”),构成一个多因子多层次的评价分析结构(模型)。针对研究目标(即最高层,*A*)建立层次结构模型是层次分析法的重要环节,然后根据目标及问题性质,将系统区分为若干准则层(*B*)与因子层(*C*)[38]。最高层(*A*)是解决问题的总目标;准则层(*B*)是实现总目标而选择的各种措施、方案所必须遵循的准则,亦称策略层、约束层或中间层;因子层(*C*)是解决问题的各种措施、方案与具体方法,亦称最低层。针对新疆草地生态系统健康评价,其最高层(*A*)是“新疆草地生态系统健康评价”;中间层(*B*)是根据评价目标筛选的评价指标,如生物特征指标-群落

状况、种群状况等；因子层(C)是评价指标包含的具体评价因子，如生物特征指标-群落状况-地上生物量、地下生物量等。

2.4.2 VOR综合指数模型 VOR综合指数模型通过计算草地生态系统的VOR指数评估草地健康状况[39]。VOR模型包括活力(Vigor, V)、组织力(Organization, O)与恢复力(Resilience, R)；其中活力代表草地净初级生产力，组织力为草地植物群落结构，恢复力为草地维持自身结构、功能的能力。主要计算过程如下：

$$\mathrm{VOR}=\alpha\times V+\beta\times O+\gamma\times R \tag{1}$$

式中：α 、β 与 γ 分别为单项指数活力(V)、组织力(O)与恢复力(R)的权重系数，满足 $\alpha+\beta+\gamma=1$ 。

2.4.3 COVR指数评价模型 基于VOR模型综合考虑草地基况(Condition, C)产生了COVR指数评价模型[10]。COVR综合指数不仅考虑草地生态系统中生物部分的情况，而且认识到土壤环境也是草地物质能量交换的基础，从而评价草地生态系统健康状况。主要计算过程如下：

$$\mathrm{COVR}=K_c\times C+K_v\times V+K_o\times O+K_r\times R \tag{2}$$

$$K_c+K_v+K_o+K_r=1 \tag{3}$$

式中：K_c、K_v、K_o与K_r 分别为 C、V、O 与 R 的权重系数；C 为基况；反映草地生态系统植物-土壤-大气的界面过程，这是影响草地生态系统结构、功能的环境因子；V 为活力；O 为组织力；R 为恢复力。其中各单项指数 C、V、O、$R\in[0, 1]$，其值大于1时均取值为1。

2.4.4 压力-状态-响应模型 压力-状态-响应(Pressure-State-Response, PSR)模型由压力层、状态层和响应层组成。PSR模型是生态系统健康评价常用方法之一，目前广泛用于草地生态系统健康评价。在PSR模型中，压力层描述人类活动和自然过程对草地生态系统的干扰与胁迫，状态层是草地生态系统的状况，响应层是草地生态系统对环境变化的响应程度[9,26-27]。PSR模型计算过程如下：

$$\mathrm{HI}=\sqrt[3]{(1-P)\times S\times R} \tag{4}$$

$$P=\sum_{i=1}^{n}W_iP_i \tag{5}$$

$$S=\sum_{i=1}^{n}W_iS_i \tag{6}$$

$$R=\sum_{i=1}^{n}W_iR_i \tag{7}$$

式中：HI为草地生态系统健康综合指数；P 为压力层综合值；S 为状态层综合值；R 为响应层综合值；P_i 、S_i 与 R_i 为评价指标值；W_i 代表指标权重。

2.5 总体框架

新疆草地生态系统健康评价总体框架包括基础工作、筛选评价指标与草地健康评价(图1)。基

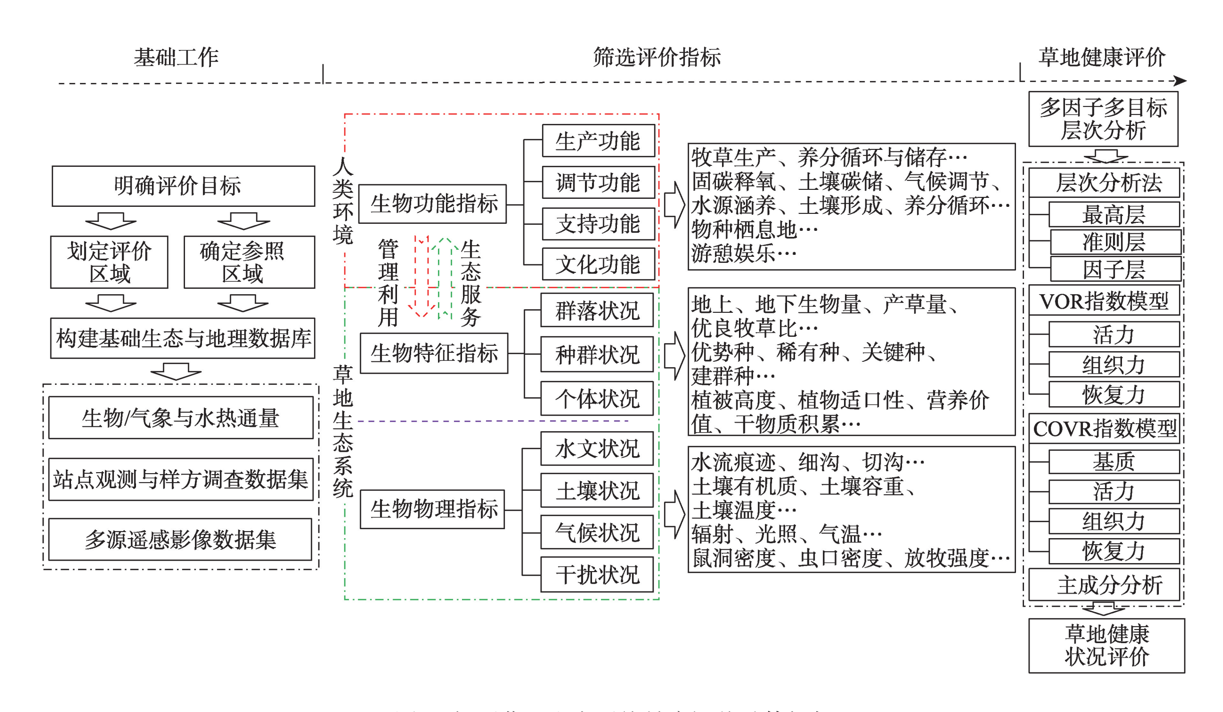


图1 新疆草地生态系统健康评价总体框架

Fig. 1 The framework of grassland ecosystem health evaluation of Xinjiang

础工作的重点是确定时空范围与获取基础信息,明确草地生态系统健康评价的总体目标,划定评价区域与确定参照区域,构建草地基础生态地理数据库。确定评价区域和参照区域时应充分考虑基础数据的收集,尤其是在样地样方尺度以及区域尺度的生态、地理与社会经济数据;对收集的数据开展归一化处理、清洗工作,构建评价区域草地生态地理数据库。关于评价指标筛选,采用已构建的生态地理数据库,依据评价目标筛选评价指标(生物特征指标、生物物理指标与生态服务功能指标),构建草地健康评价的指标体系;在参照区域内,开展野外综合调查、实验工作与遥感反演,力求全面筛选草地健康评价指标。结合评价区域综合分析草地健康评价方法,选择适宜的草地健康评价方法,计算草地健康综合分值,以此评估草地生态系统健康状况。最后,针对草地健康等级中的"亚健康"、"警戒"与"崩溃"状况,提出相应的建议与措施。

3　新疆草地生态系统健康评价体系验证

2000年后,新疆气候以暖湿化为主,利于草地植被生长;然后,因过度放牧与超载放牧,草地植被出现了不同程度的退化。近年来,随着退牧还草、围栏禁牧与草原补助的持续实施,有助于天然草地生态系统健康恢复。本研究以民丰县(隶属于新疆和田地区)温性荒漠类天然草地为例,主要以草地生态系统的生物成分,开展草地生态系统健康评价。民丰县温性荒漠类草地位于昆仑山北麓、塔克拉玛干沙漠南缘,草地型主要包括高山绢蒿(*Seriphidium rhodanthum*)、驼绒藜(*Ceratoides latens*)、琵琶柴(*Reaumuria soongarica*)与麻黄(*Ephedra intermedia*)。

于2021年8月在民丰县叶亦克乡开展实地调查,选择样地样方(表8),设置10 m×10 m的大样方,随机内嵌3组1 m×1 m的小样方,分别采集主要植物高度、覆盖度以及地上生物量等指标(图2)。以围栏内草地作为参照系统,分别计算荒漠类草地产草量、覆盖度与生物多样性等指数,采用VOR综合指数模型评估草地健康程度。在VOR中,权重系数α、β与γ分别为0.3、0.4与0.3;以地上生物量代表草地生态系统活力(V),草地植被高度、覆盖度代表组织力(O),草地群落物种数量代表恢复力(R)。VOR取值位于0~1,假如VOR大于1,则取值为1。

大样方草地覆盖度基于大疆无人机(精灵4多光谱版)采集数据导出为正射影像,在ArcGIS中提取草地植被覆盖度。草地植被高度为小样方内主要植物或优势种高度。地上生物量将小样方内的草本植物齐地面刈割后分别称重,半灌木、灌木采用标准株法。

分别计算样地VOR综合指数,2021年样地P_1、P_2、P_3与P_4的VOR综合指数分别为0.788、0.701、0.769与0.723;P_1、P_3处于健康状态,P_2、P_4处于亚健康状态。样地P_1、P_3在围栏区内没有放牧活动,草地植被得到持续恢复,其草地产量、覆盖度与物种丰度均有所提高。2000年后,新疆气候为"暖湿化"趋势。气温升高引起草地物候生长季节延长,即草地植被返青期提前与枯黄期延后,促进了草地植被生长;降水增加,尤其昆仑山北坡降水呈显著增加趋势,更有利于温性荒漠类草地植被生长。在围栏措施下(样地P_1、P_3)温性荒漠类草地没有放牧活动,而且气候变化益于草地植被生长,本文基于VOR综合指数显示样地P_1、P_3为健康状态,这与陈宸等研究近20 a新疆荒漠类草地净初级生产力呈上升趋势一致[12]。样地P_2、P_4在围栏外,利用方式主要为冷季放牧,但其他季节也存在放牧活动。研究资料显示②,当前新疆牛、羊牲畜数量分别为1978年的2

表8　样地信息

Tab. 8　The information of the sample plots

样地编号	经度	纬度	海拔/m	建群种	样地描述
P_1	82°59′38.510″E	36°39′52.790″N	2501	高山绢蒿+驼绒藜 (*Seriphidium rhodanthum*+*Ceratoides latens*)	围栏
P_2	82°59′45.750″E	36°39′52.370″N	2504	高山绢蒿+驼绒藜 (*Seriphidium rhodanthum*+*Ceratoides latens*)	无围栏,自然放牧
P_3	82°59′49.990″E	36°38′39.080″N	2632	高山绢蒿+驼绒藜 (*Seriphidium rhodanthum*+*Ceratoides latens*)	围栏
P_4	82°59′46.300″E	36°38′41.690″N	2639	高山绢蒿+驼绒藜 (*Seriphidium rhodanthum*+*Ceratoides latens*)	无围栏,自然放牧

② 国家林业和草原局. http://www.forestry.gov.cn/main/586/20200722/094150305995910.html.

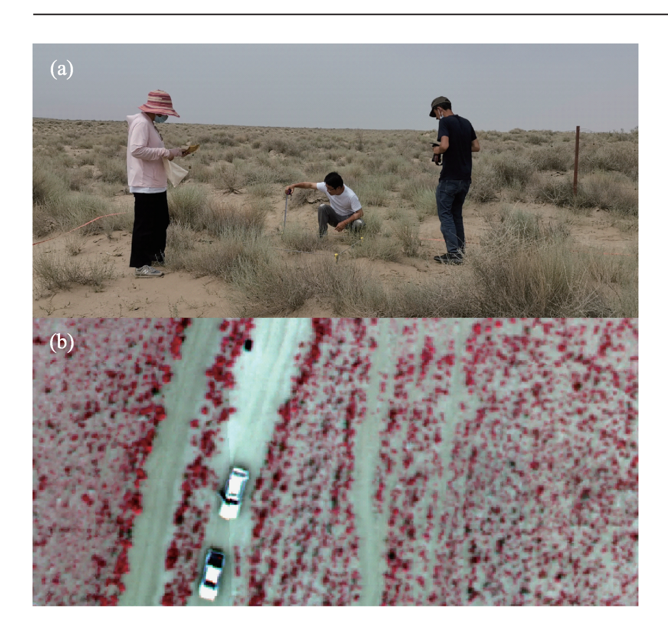


图2　样地采样(a)与低空无人机影像(b)

Fig. 2　Plot sampling (a) and low-altitude drone image(b)

倍、3倍,与草原类型大体相似的邻国相比,新疆单位面积的实际载蓄量约为哈萨克斯坦的5倍,草地长期超载利用导致草地发生不同程度的逆向演替。样地P_2、P_4温性荒漠类草地存在过度放牧迹象,草地植被高度、覆盖度与地上生物量低于围栏内草地,基于VOR综合指数模型计算结果为亚健康状态。

针对新疆草地生态系统健康评价体系,本研究以温性荒漠类草地为例,主要偏重草地生态系统生物成分;在和田地区民丰县叶亦克乡开展实地调查,采集草地植被地上生物量、高度、覆盖度与种群数量等;采用VOR综合指数模型分别计算样地的VOR综合指数;结合新疆的气候变化、放牧活动及政策措施分别解释了样地的草地健康状况。

4　发展趋势

4.1　跨领域与交叉学科

生态系统健康评价吸收了各领域、不同学科的观点。草地作为生态系统的重要类型,草地生态系统健康评价也应当以地学、经济学、生态学、社会学、管理学以及人类健康等领域为研究基础。在跨领域与交叉学科的基础上,全面、客观地开展草地生态系统健康评价,探究人类活动与气候变化导致的草地生态服务功能异常,及其对区域经济、社会的影响,提出相应的建议与措施,这符合草地可持续发展途径与生态系统管理目标。

4.2　大数据、云计算与深度学习

新疆天然草地分布具有鲜明的垂直地带性,在不同纬度、经度和海拔高程因水热组合差异发育了不同的草地类型。针对新疆草地生态系统,综合开展健康评价研究具有复杂性与挑战性。随着计算机软硬件、移动5G、云计算与人工智能的逐步发展,为新疆草地生态系统健康评价创造了条件。构建新疆草地健康智能监测网络,实现草地生态健康动态监测、客观评价与有效预警,加快草地生态健康智能监测网络与新一代信息通讯、人工智能、大数据等新兴技术的深度融合。

4.3　时间尺度延续与空间范围扩展

新疆草地生态系统是一个复合的生态系统,是土壤-大气-水分的连续体,草地健康评价的时间尺度延续与空间范围扩展非常重要。草地健康评价的本质是对收集的历史数据客观分析,以合理利用当前的草地资源,并且对今后的草地资源利用做出可持续的预测与策略。这就决定了短期、小尺度的研究不能全面地解释草地生态系统的演变,也不可能客观诠释草地时空动态演变的因果关系。另一方面,草地生态系统健康评价应扩展空间范围,在个体、种群、群落、生态系统甚至景观、区域尺度上开展草地健康评价。草地健康评价在时间尺度的延续与空间范围的扩展,能够对草地生态系统的现状与变化趋势做出正确的评价与预测。

参考文献(References):

[1]　White R P, Murray S, Rohweder M, et al. Grassland Ecosystems [M]. USA Dc: World Resources Institute Washington, 2000.

[2]　Costanza R, Mageau M. What is a healthy ecosystem?[J]. Aquatic Ecology, 1999, 33(1): 105–15.

[3]　Wu J. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 125(5): 209–21.

[4]　单贵莲, 陈功, 刘钟龄, 等. 典型草原健康评价的VOR和CVOR指数[J]. 草地学报, 2012, 20(3): 401–406. [Shan Guilian, Chen Gong, Liu Zhongling, et al. VOR and CVOR index for health evaluation of typical steppe in Inner Mongolia[J]. Pratacultural Science, 2012, 20(3): 401–406.]

[5]　单贵莲, 徐柱, 宁发. 草地生态系统健康评价的研究进展与发展趋势[J]. 中国草地学报, 2008, 29(2): 98–103, 115. [Shan Guilian, Xu Zhu, Ning Fa. Study progresses and development directions in grassland ecosystem health evaluation[J]. Chinese Journal of Grassland, 2008, 29(2): 98–103, 115.]

[6] 侯扶江, 徐磊. 生态系统健康的研究历史与现状[J]. 草业学报, 2009, 18(6): 210-225. [Hou Fujiang, Xu Lei. History and current situation of ecosystem health research[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2009, 18(6): 210-225.]

[7] 罗麟. 新疆草地资源介绍(一)[J]. 新疆畜牧业, 1990, 6(5): 32-36. [Luo Lin. Introduction to Xinjiang grassland resources(I) [J]. Xinjiang Xu Mu Ye, 1990, 6(5): 32-36.]

[8] 许鹏. 新疆草地资源及其利用[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1993. [Xu Peng. Xinjiang Grassland Resources and its Utilization[M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Health Publishing House, 1993.]

[9] 刘思怡, 丁建丽, 张钧泳, 等. 艾比湖流域草地生态系统环境健康遥感诊断[J]. 草业学报, 2020, 29(10): 1-13. [Liu Siyi, Ding Jianli, Zhang Junyong, et al. Remote sensing diagnosis of grassland ecosystem environmental health in the Ebinur Lake Basin[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2020, 29(10): 1-13.]

[10] 陆均, 胡玉昆, 岳平, 等. 基于CVOR指数的巴音布鲁克高寒草原健康评价[J]. 干旱区研究, 2017, 34(4): 862-869. [Lu Jun, Hu Yukun, Yue Pin, et al. Assessment on the health of alpine steppe in Bayinbuluk based on COVR index[J]. Arid Zone Research, 2017, 34(4): 862-869.]

[11] 杜梦洁. 基于空间信息技术的新疆草地健康评价体系构建及定量评估——以新疆昌吉自治州草地为例[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2018. [Du Mengjie. The Construction And Quantitative Evaluation of Grassland Ecosystem Health Assessment System in Changji Prefecture of Xinjiang Based on Spatial Information Technology[D]. Urumqi: Xinjiang University, 2018.]

[12] 陈宸, 井长青, 邢文渊, 等. 近20年新疆荒漠草地动态变化及其对气候变化的响应[J]. 草业学报, 2021, 30(3): 1-14. [Chen Chen, Jing Changqing, Xing Wenyuan, et al. Desert grassland dynamics in the last 20 years and its response to climate change in Xinjiang[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2021, 30(3): 1-14.]

[13] Begon M, Townsend C R. Ecology: From Individuals to Ecosystems [M]. New Jersey: John Wiley & Sons, 2020.

[14] 叶鑫, 周华坤, 赵新全, 等. 草地生态系统健康研究述评[J]. 草业科学, 2011, 28(4): 549-560. [Ye Xin, Zhou Huakun, Zhao Xinquan, et al. Review on grassland ecosystem health[J]. Pratacultural Science, 2011, 28(4): 549-560.]

[15] Eve M D, Havstadt K M, Whitford W G. Applying satellite imagery to triage assessment of ecosystem health[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1999, 54(3): 205-227.

[16] 侯扶江, 于应文, 傅华, 等. 阿拉善草地健康评价的CVOR指数[J]. 草业学报, 2004, 15(4): 117-126. [Hou Fujiang, Yu Yingwen, Fu Hua, et al. CVOR index for health evaluation of Alashan grazing land[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2004, 15(4): 117-126.]

[17] Pyke D A, Herrick J E, Shaver P, et al. Rangeland health attributes and indicators for qualitative assessment[J]. 2002, 55(6): 684-597.

[18] Ferrarini A, Serra P, Almagro M, et al. Multiple ecosystem services provision and biomass logistics management in bioenergy buffers: A state-of-the-art review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 73: 277-290.

[19] Xu D, Guo X. Some insights on grassland health assessment based on remote sensing[J]. Sensors, 2015, 15(2): 3070-3089.

[20] 吴璇, 王立新, 刘华民, 等. 内蒙古高原典型草原生态系统健康评价和退化分级研究[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(5): 47-51. [Wu Xuan, Wang Lixin, Liu Huamin, et al. Vigor and resilience of plant communities of typical steppe in Inner MongoliaPlateau[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2011, 25(5): 47-51.]

[21] 俞鸿千, 蒋齐, 王占军, 等. VOR、CVOR指数在宁夏干旱风沙区荒漠草原健康评价中的应用——以盐池县为例[J]. 草地学报, 2018, 26(3): 584-590. [Yu Hongqian, Jiang Qi, Wang Zhanjun, et al. Application of VOR and CVOR index for health assessment of desert steppe in Ningxia: Taking Yanchi County for example[J]. Acta Agrestia Sinica, 2018, 26(3): 584-590.]

[22] Li Y, Dong S, Wen L, et al. Three-dimensional framework of vigor, organization, and resilience (vor) for assessing rangeland health: A case study from the alpine meadow of the Qinghai-tibetan Plateau, China[J]. Ecohealth, 2013, 10(4): 423-433.

[23] 王冠琪, 张克斌, 王志述. 不同封育条件下荒漠草原生态系统健康评价[J]. 中国水土保持科学, 2014, 12(2): 40-46. [Wang Guanqi, Zhang Kebin, Wang Zhishu. Desert grassland ecosystem health evaluation under differentfenced enclosure conditions[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2014, 12(2): 40-46.]

[24] 王立新, 刘钟龄, 刘华民, 等. 内蒙古典型草原生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2008, 28(2): 544-550. [Wang Lixin, Liu Zhongling, Liu Huamin, et al. Assessment of typical steppe ecosystem health in Inner Mongolia[J]. Acta Ecological Sinica, 2008, 28 (2): 544-550.]

[25] 姜佳昌, 孙斌, 潘冬荣, 等. 基于VOR指数的肃南县草地生态系统健康评价[J]. 中国草食动物科学, 2020, 40(4): 39-43. [Jiang Jiachang, Sun Bin, Pan Dongrong, et al. VOR index based health assessment of grassland ecosystem in Sunan County[J]. China Herbivore Science, 2020, 40(4): 39-43.]

[26] 赵玉婷, 李文龙, 陈迪, 等. 高寒牧区草地生态系统健康动态评价——以甘南地区为例[J]. 草业科学, 2017, 34(1): 16-29. [Zhao Yuting, Li Wenlong, Chen Di, et al. Dynamic assessment of alpine pasture grassland ecosystem health[J]. Prataculturae Science, 2017, 34(1): 16-29.]

[27] 刘春青, 张韬, 刘佳慧, 等. 辉腾锡勒风电场草地生态系统健康评价[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(2): 213-221. [Liu Chunqin, Zhang Tao, Liu Jiahui, et al. Ecosystem health evaluation for Huitengxile wind farm grassland[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019, 34(2): 213-221.]

[28] Wang Z, Yu Q, Guo L. Quantifying the impact of the grain-for-green program on ecosystem health in the typical agro-pastoral ecotone: A case study in the Xilin Gol League, Inner Mongolia[J]. In-

ternational Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(16): 5631.

[29] 周万村. RS和GIS支持下的若儿盖草原生态安全模糊评价[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 102(4): 24−29. [Zhou Wancun. A fuzzy evaluation of Ruoergai grassland ecological security based on RS and GIS[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2007, 102(4): 24−29.]

[30] 吴蓉蓉, 史惠兰, 王维, 等. 青海河南高寒草地生态系统健康评价[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2018, 42(3): 98−108. [Wu Rongrong, Shi Huilan, Wang Wei, et al. Health assessment for alpine grassland ecosystem of Henan County in Qinghai Province[J]. Journal of Anhui University(Natural Science Edition), 2018, 42(3): 98−108.]

[31] 周传猛, 蒲小鹏, 陈垣, 等. 天然草地生态系统健康评价体系构建及定量评估——以甘肃省甘南藏族自治州草原为例[J]. 甘肃农业大学学报, 2014, 49(6): 114−118, 124. [Zhou Chuanmeng, Pu Xiaopeng, Chen Yuan, et al. System construction of rangeland health assessment and its quantitative evaluation: Taking Gannan Perfecture rangeland of Gansu Province as example[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2014, 49(6): 114−118, 124.]

[32] 杨海宽, 安沙舟, 张荣华. 昭苏马场草地质量评价最优指标的筛选[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(4): 750−753. [Yang Haikuan, An Shazhou, Zhang Ronghua. Screening of the most optimal index in grassland quality evaluation of Zhaosu horse farm[J]. Xinjiang Agricultural Science, 2008, 45(4): 750−753.]

[33] 张信, 李维军, 刘永进, 等. 宁夏长芒草典型草原健康评价途径与标准试验研究[J]. 草业科学, 2011, 28(12): 2112−2118. [Zhang Xin, Li Weijun, Liu Yongjin, et al. Approach of health evaluation and standard of *Stipa bungeana* steppe in Ningxia[J]. Pratacultural Science, 2011, 28(12): 2112−2118.]

[34] 胡艳莉, 李维军, 刘永进, 等. 利用模糊综合评价方法对宁夏长芒草典型草原进行健康评价研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2012, 397(1): 78−79. [Hu Yanli, Li Weijun, Liu Yongjin, et al. Study on the health assessment of the typical grassland of Ningxia miscanthus using fuzzy comprehensive evaluation method[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2012, 397(1): 78−79.]

[35] 都耀庭. 聚类分析法在高寒草甸生态系统健康评价中的应用——以青海玉树县为例[J]. 土壤通报, 2014, 45(2): 307−313. [Dou Yaoting. Application of cluster analysis in the health assessment of alpine meadow ecosystem: A case study in Yushu County of Qinghai, China[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2014, 45(2): 307−313.]

[36] 董全民, 周华坤, 施建军, 等. 高寒草地健康定量评价及生产——生态功能提升技术集成与示范[J]. 青海科技, 2018, 25(1): 15−24. [Dong Quanmin, Zhou Huakun, Shi Jianjun, et al. Quantitative evaluation and production of alpine grassland health: Integration and demonstration of ecological function enhancement technology[J]. Qinghai Science and Technology, 2018, 25(1): 15−24.]

[37] 王明君, 韩国栋, 赵萌莉, 等. 内蒙古呼伦贝尔草甸草原的草地退化等级数量分析[J]. 西北植物学报, 2007, 28(4): 4797−4804. [Wang Mingjun, Han Guodong, Zhao Mengli, et al. Quantitative analysis of degeneration stage of meadow steppe in Hulunbeier, Inner Mongolia[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2007, 28(4): 4797−4804.]

[38] Liu X, Zhang J, Tong Z, et al. Gis-based multi-dimensional risk assessment of the grassland fire in northern China[J]. Natural Hazards, 2012, 64(1): 381−395.

[39] Patrick D L, Bush J W, Chen M M. Toward an operational definition of health[J]. Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management, 1973, 14(1): 6−23.

Evaluating ecosystem health in the grasslands of Xinjiang

CHEN Chunbo[1,2], PENG Jian[2,3], LI Gangyong[2,3]

(1. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography Chinese, Academy of Sciences, Urumqi 830011, Xinjiang, China; 2. Joint Laboratory for Remote Sensing Observation of Grassland Ecosystem in Arid Area, Urumqi 830049, Xinjiang, China; 3. Xinjiang Grassland Technical Promotion Station, Urumqi 830049, Xinjiang, China)

Abstract: The evaluation of the health of grasslands (an important terrestrial ecosystem) is a crucial part of grassland health research, especially in arid regions. The grasslands of Xinjiang, an arid region in Central Asia, show a distinct variation in vertical zonality because of its special geographical environment. Particularly, the differences in hydrothermal combination at each geographical location (latitude, longitude, and altitude) have resulted in a rich variety of grasslands. Therefore, assessing the health of Xinjiang grasslands is a systematic and complex task. In this study, we constructed an overall framework, including data sources and evaluation methods, for evaluating the ecosystem health of Xinjiang grasslands. An ecological geographic database of these grassland ecosystems was designed based on grassland quadrats, biometeorology, and multi-source remote sensing data that together form the data basis for grassland health evaluation. The steps in the grassland health evaluation method are as follows: Defining the evaluation objective, determining the evaluation area and reference system, filtering evaluation indicators, and finally selecting the specific method for performing grassland health evaluation. The objective of evaluation contains biological and non-biological components, as well as ecosystem services of grassland ecosystem. The evaluation area is often based on administrative divisions, grassland types, and grassland divisions. The reference system is a stable state achieved by maintaining balance with the local climate. The recommended evaluation methods include the analytic hierarchy process, vigor-organization-resilience, condition-organization-vigor-resilience, and pressure-state-response. The evaluation results were divided into health, sub-health, vigilance, and collapse based on the quarter method. This grassland health evaluation was validated in Minfeng County, Hotan Prefecture, Xinjiang. The research area, Minfeng County, is located at the northern foot of the Kunlun Mountains and the southern edge of the Taklimakan Desert. The temperate desert grassland of Minfeng County primarily contains *Seriphidium rhodanthum*, *Ceratoides latens*, *Reaumuria soongarica*, and Ephedra intermedia. The objective of evaluation was based on the biological components of grassland ecosystems. Our results showed that the temperate desert grasslands within the fenced area were in a healthy state, but those outside the exclosure were in sub-healthy state. Thus, we gave a further explanation for healthy and sub-healthy state in the verification area. By constructing this grassland ecosystem health evaluation system for Xinjiang, we hope to provide a reference for the local management of grasslands, with the goal of fostering ecological health of these systems and promoting the sustainable development of grassland areas in Xinjiang.

Keywords: grassland; grassland ecosystem; health assessment; remote sense; geographic information system; Xinjiang